

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a**  
**informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Energetická náročnost novostaveb**  
**Energy performance of new**  
**buildings**

2015

Renáta Lokosová

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Renáta Lokosová**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: Energetická náročnost novostaveb  
Energy performance of new buildings  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozeberte teoretické podklady pro tepelný výpočet budov.
2. Vytvořte tepelné schema zvoleného rodinného domu.
3. Na základě vytvořeného schématu realizujte výpočet energetické náročnosti a možnosti její optimalizace.
4. Definujte na základě řešení optimální materiál pro tepelnou izolaci.


Seznam doporučené odborné literatury:

Artbauer, O.: Tepelný výpočet elektrických přístrojů, Bratislava, SVŠT 1963  
Havelka, O.: Stavba elektrických přístrojů I., Brno, VUT 1984  
Hassdenteufel, J.: Elektrotechnické materiály, Bratislava, ALFA 1978

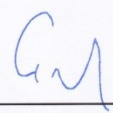
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Hytka, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2014  
Datum odevzdání: 07.05.2015

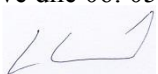
  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.“

V Ostravě dne 06. 05. 2015



.....  
Renáta Lokosová

### **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Zdeňku Hytkovi, CSc. za cenné rady a připomínky k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat manželům Neuwirtovým za poskytnutí projektové dokumentace.

## Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce „Energetická náročnost novostaveb“, se snaží za využití dostupných informací a vlastních propočtů porovnat energetickou náročnost novostaveb v ČR, především z hlediska využití různých materiálů obvodového zdiva. Výsledkem této práce je zhodnocení, které z materiálů, jsou energeticky nejúspornější. Závěrem je také nutné zhodnotit poměr výhod energetické úspory oproti požadované tepelné pohodě, která je žádaná především.

## Abstract

The bachelor thesis "Energy performance of new buildings," using available information and own calculations tries to compare the energy performance of new buildings in the Czech Republic, especially in terms of the use of different materials, perimeter walls. The result of this work is to evaluate which of the materials is the most energy efficient. Finally, it is also necessary to evaluate the ratio of benefits of energy savings compared to a desired thermal comfort, which is especially desirable.

## Klíčová slova

budova, tepelná pohoda, tepelný odpor, součinitel prostupu tepla

## Key words

building , thermal comfort , thermal resistance , heat transfer coefficient

## Seznam použitých symbolů a zkratek

<b>zkratka</b>	<b>význam</b>	<b>jednotka</b>
$\Phi_M$	Tepelný tok vyprodukovaný lidským tělem	W
$\Phi_V$	Tepelný tok odváděný vypařováním	W
$\Phi_D$	Tepelný tok odváděný dýcháním	W
$\Phi_K$	Tepelný tok odváděný konvencí	W
$\Phi_S$	Tepelný tok odváděný sáláním	W
$\alpha$	Propustnost oděvu	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
$S$	Celková plocha	$m^2$
$T_h$	Teplota povrchu těla	K
$T_r$	Teplota povrchu oděvu	K
$\vartheta$	Teplota	$^{\circ}C$
$grand\vartheta$	Gradient teploty	$^{\circ}C$
$\vartheta_V$	Teplota okolního vzduchu	$^{\circ}C$
$\vartheta_P$	Teplota okolních ploch	$^{\circ}C$
$\vartheta_i$	Výsledná teplota	$^{\circ}C$
$\varphi_i$	Poměry sálání	-
P	Tepelný tok (výkon)	W
$\rho$	Hustota tepelného toku	$W \cdot m^{-2}$
$\lambda$	Součiniteli tepelné vodivosti materiálu	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
$\Phi$	Tepelný tok	W
$l$	Šířka	m
$\vartheta_1$	Povrchová teplota	$^{\circ}C$
$\vartheta_2$	Povrchová teplota	$^{\circ}C$
$\alpha$	Součinitel přestupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
R	Tepelný odpor	$m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$
$R_c$	Celkový tepelný odpor	$m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$
$R_j$	Tepelný odpor jednotlivých vrstev	$m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$
$\lambda_j$	Součiniteli tepelné vodivosti pro jednotlivé vrstvy	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
$R_T$	Úhrnný tepelný odpor	$m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$
$R_{si}$	Tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce	$m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$
$R_{se}$	Tepelný odpor na vnější straně konstrukce	$m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$
$U$	Součinitel přestupu tepla	$m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot W$
RD	Rodinný dům	-

# OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>2</b>
2.1. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií .....	2
2.1.1. Průkaz energetické náročnosti budovy .....	2
2.2. Tepelná pohoda .....	2
2.2.1. Tepelný stav prostředí.....	3
2.2.2. Teplota vzduchu v místnosti .....	3
2.2.3. Účinná teplota okolních ploch .....	4
2.2.4. Výsledná teplota prostředí .....	5
2.3. Šíření tepla .....	9
2.3.1. Šíření tepla vedením .....	6
2.3.2. Šíření tepla prouděním .....	8
2.3.3. Šíření tepla sáláním .....	9
2.4. Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla .....	9
2.4.1. Tepelný odpor .....	9
2.4.2. Součinitel prostupu tepla .....	11
<b>3. VÝPOČET .....</b>	<b>12</b>
3.1. Specifikace sledovaného rodinného domu .....	12
3.2. Výpočet tepelného odporu .....	12
3.2.1. Výpočet tepelného odporu obvodového zdiva .....	13
3.2.2. Výpočet tepelného odporu podlahy .....	14
3.2.3. Výpočet tepelného odporu stropu.....	15
3.2.4. Výpočet tepelného odporu oken a balkónových dveří .....	15
3.2.5. Výpočet tepelného odporu vstupních dveří .....	16
3.3. Porovnání tepelného odporu .....	20
<b>4. ZÁVĚR .....</b>	<b>22</b>
<b>5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>23</b>
<b>6. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>24</b>

## 1. ÚVOD

Podle Maslowovy pyramidy potřeb patří bydlení mezi jednu ze základních fyziologických potřeb člověka. Mít vlastní bydlení je tedy pro každého člověka zásadní otázkou. V této bakalářské práci se zaměřím pouze na novostavby rodinných domů. Bezesporu je výstavba nového domu dnes velmi populární a proto stojí za zvážení z jakých materiálů dům postavit. Vzhledem k neustále se zvyšující ceně energií je v současné době člověk nucen velmi pečlivě zvažovat již před samotným počátkem stavby z jakého materiálu bude dům postaven, jaké zdroje tepla a světla v domě a k výstavbě použije.

Cílem této bakalářské práce je porovnání několika materiálů obvodového zdiva novostaveb rodinných domů vzhledem k jejich energetické náročnosti. V teoretické části uvádím teoretické podklady pro tepelný výpočet budov. Na základě vytvořeného schématu porovnám výpočtem materiály obvodového zdiva, jejich prostupnost tepla z pohledu energetické úspory i celkové tepelné pohody. Dále se v bakalářské práci zabývám celkovým zhodnocením všech výpočtů a optimalizací tepelné izolace rodinných domů.



## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské Unie. Mimo jiné některé opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií. [1]

#### 2.1.1. Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkazem energetické náročnosti rozumíme dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy, nebo ucelené části budovy. Energetickou náročností budovy rozumíme vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení. Při výstavbě nové budovy je stavebník povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy. Průkaz je potřeba přiložit k žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby tak, aby bylo patrné, že je budova navržena v souladu s plněním požadavků energetické náročnosti. Průkaz dokumentuje spotřebu energie nutné pro provoz budovy za rok a v návaznosti na to je v průkazu hodnocená budova začleňována do jedné ze sedmi skupin energetické náročnosti budov A až G. Přičemž skupina A představuje mimořádně úspornou budovu a skupina G mimořádně neekonomickou budovu. Průkaz tvoří protokol prokazující energetickou náročnost budovy a grafické znázornění energetické náročnosti. Obsah protokolu je stanoven v § 9 vyhlášky o energetické náročnosti budov, přičemž protokol obsahuje soubor údajů, které budovu charakterizují a jsou nezbytné pro výpočet energetické náročnosti budovy a jejího zařazení do jedné ze sedmi skupin. Součástí protokolu jsou také doporučená opatření pro technicky a ekonomicky efektivní snížení energetické náročnosti budovy a její modernizaci. Grafické znázornění obsahuje adresu budovy, její typ a celkovou energeticky vztažnou plochu, barevnou stupnici klasifikačních tříd A až G, energetickou náročnost budovy a její zařazení do klasifikační třídy při hodnocení a po provedení doporučených opatření, stanovená doporučená opatření ohledně jednotlivých prvků na budově, ukazatele energetické náročnosti budovy, datum vyhotovení průkazu a jméno energetického specialisty. [2]

Platnost průkazu je stanovena ustanovením § 7 odst. 4 zákona o hospodaření energií a je omezena na dobu 10 let ode dne vyhotovení nebo do provedení větší změny na dokončené budově, pro kterou by průkaz zpracován. Povinnost zpracování průkazu energetické náročnosti budov je novelou zaváděna postupně s tím že do roku 2020 by měla být průkazem energetické náročnosti budov opatřena každá budova. [2]

### 2.2. Tepelná pohoda

Hlavním úkolem vytápění je zajistit v uzavřených místnostech příznivé tepelné poměry v chladném zimním období, kdy je venkovní teplota nižší než požadovaná teplota v místnostech a kdy také ostatní povětrnostní vlivy (například vítr) způsobují ochlazování místností. Jde o zajištění tzv. tepelné pohody. To znamená, že musí být dosaženo takových tepelných poměrů, aby se člověk cítil příjemně. Tepelnou pohodu člověka ovlivňuje jeho zdravotní stav, stáří, druh činnosti, kterou vykonává. Pocit dobré tepelné pohody je v podstatě dán rovnováhou tepelného režimu člověka s prostředím, ve kterém se nachází. Důležitou složkou tepelného režimu člověka je sdílení tepla z povrchu těla do okolí, které se řídí fyzikálními zákony, a lze je proto vyjádřit matematicky. Při látkových přeměnách

probíhající v lidském těle se uvolňuje určité množství tepla, které závisí především na intenzitě fyzické námahy a na hmotnosti člověka. Toto teplo musí být odváděno do okolí. Tepelná rovnováha, tj. stav, při kterém okolí odebírá lidskému tělu tolik tepla, kolik člověk právě produkuje, je proto prvním a nezbytným předpokladem tepelné pohody. Lidské tělo je ochlazováno vedením, prouděním, sáláním a kromě toho také vypařováním potu a dýcháním. Při malé fyzické námaze je větší část tepla z povrchu tepla odváděna prouděním a sáláním – suché ochlazování těla. Dosažení tepelné rovnováhy při suchém ochlazování, bez nadměrného pocení, je druhým předpokladem tepelné pohody člověka. Jestliže stoupne teplota okolí nad určitou hranici nebo se zvětší produkce tepla při fyzické námaze, nedostačuje suché ochlazování a pro zajištění tepelné rovnováhy se nadbytečné teplo odvádí vypařováním – mokré ochlazování těla. [5]

Podmínku tepelné rovnováhy lze obecně vyjádřit vztahem

$$\Phi_M = \Phi_V + \Phi_D + \Phi_K + \Phi_S \quad (2.1)$$

Kde  $\Phi_M$  je tepelný tok vyprodukovaný lidským tělem ( $W$ ),  $\Phi_V$  je tepelný tok odváděný vypařováním,  $\Phi_D$  tepelný tok odváděný dýcháním,  $\Phi_K$  tepelný tok odváděný konvekcí (prouděním),  $\Phi_S$  tepelný tok odváděný sáláním,

Tepelný tok konvekcí a sáláním prochází nejprve vrstvou oděvu, je jím veden, teprve na vnějším povrchu dochází k přestupu tepla do okolí. Rovnice tepelné rovnováhy pak přejde na tvar

$$\Phi_M - \Phi_V - \Phi_D = \alpha \cdot S \cdot (T_h - T_r) = \Phi_K + \Phi_S \quad (2.2)$$

Kde  $\alpha$  je propustnost oděvu ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ),  $S$  je celková plocha povrchu těla v ( $m^2$ ),  $T_h$  teplota povrchu těla ( $K$ ),  $T_r$  teplota povrchu oděvu ( $K$ ) [6]

### 2.2.1. Tepelný stav prostředí

O tepelných pocitech člověka v uzavřených místnostech rozhoduje tedy několik faktorů stupeň fyzické námahy (vnitřní produkce tepla  $\Phi_M$ ), tepelně izolační schopnost oděvu (tepelná propustnost  $\alpha$ ), teplota okolního vzduchu  $\vartheta_V$ , účinná teplota okolních ploch  $\vartheta_P$ , vlhkost okolního vzduchu (relativní vlhkost), rychlost proudění vzduchu.

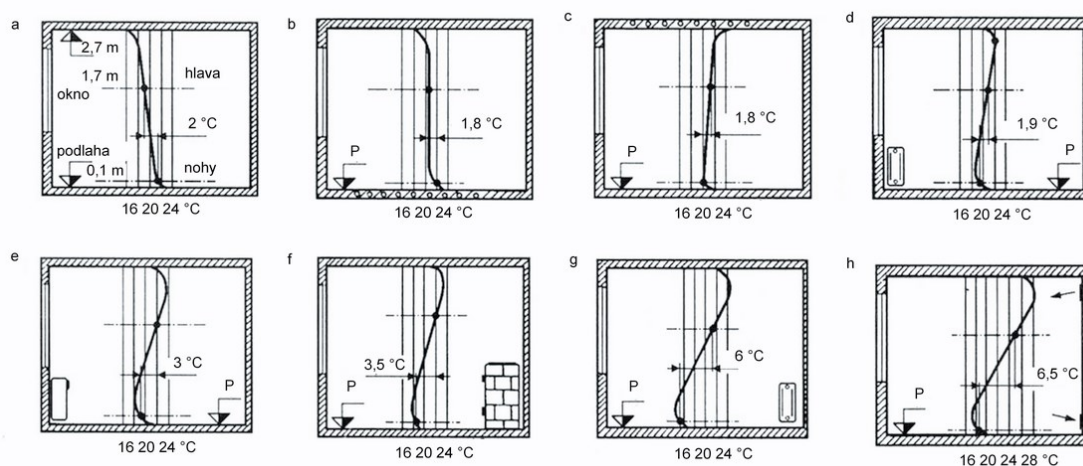
Faktory  $\vartheta_V$ ,  $\vartheta_P$ , vlhkost a rychlost proudění vzduchu charakterizují tepelný stav prostředí, který se projevuje výsledným tepelným účinkem prostředí na člověka. Většinou se ale snažíme vyjádřit tepelný stav prostředí jedinou, snadno měřitelnou veličinou. [5]

### 2.2.2. Teplota vzduchu v místnosti

K posouzení tepelného stavu nám poslouží především teplota vzduchu  $\vartheta_V$  měřená v oblasti pobytu člověka. Teplotu vzduchu lze považovat za uspokojivé měřítko tepelného stavu prostředí tam, kde se jedná o prostředí téměř klidného vzduchu. Za těchto okolností se teplota vzduchu také shoduje s výslednou teplotou  $\vartheta_i$ .

Teplota vzduchu  $\vartheta_V$  většinou není v celé místnosti stejná, a proto je nutné posuzovat taktéž její místní změnu, nerovnoměrnost. Velice důležitá je především vertikální nerovnoměrnost teploty vzduchu ve vytápěných místnostech, která vzniká vlivem nestejnomyšerného přívodu tepla a nestejnomyšerného ochlazování jednotlivých stěn, podlahy a

stropů místností. Vertikální rozložení teplot v místnosti při různých způsobech vytápění je znázorněno na obr. 1.



Obr. 1 vertikální rozložení teplot

a) Ideální vytápění, b) podlahové vytápění, c) stropní vytápění, d) teplovodní vytápění, e) konvektorové vytápění, f) lokální vytápění kachlovými kamny, g) teplovodní vytápění (radiátory na vnitřní stěně), h) teplovzdušné vytápění

Z hlediska příjemného pocitu je rozhodující teplota dolní vrstvy vzduchu v místě nohou (ve výšce 0,1m nad podlahou). Dále nás zajímá teplota vzduchu v úrovni hlavy (ve výšce 1,7m nad podlahou) a následně pak rozdíl těchto dvou teplot, který má velký vliv na tepelnou pohodu v místnosti. [5]

Ideální vytápění je takové, kdy je teplota v místě nohou přibližně 21°C a ve výšce hlavy stojícího člověka přibližně 19°C. Z hlediska tepelné pohody by tedy neměl být rozdíl teplot v místě hlavy a v místě nohou větší než 2,0°C u stojícího člověka 1,5°C u sedícího člověka. Pro jednotlivé způsoby vytápění je příslušný teplotní rozdíl vždy na obrázku vyznačen. Z obrázku je zřejmé, že z hlediska vertikálního rozložení teplot je nejvýhodnější podlahové vytápění. [5]

### 2.2.3. Účinná teplota okolních ploch

Aby bylo možné posuzovat výsledný sálavý účinek okolních ploch jednou veličinou, zavádí se tzv. účinná teplota okolních ploch  $\vartheta_P$ . Tato teplota je definována jako společná teplota všech okolních ploch, při níž by celkový tepelný tok sáláním mezi povrchem těla a okolními plochami byl stejný jako ve skutečnosti. Pro účinnou teplotu okolních ploch bude v případě, kdy se teploty jednotlivých okolních ploch příliš neliší, platit vztah

$$\vartheta_P = \sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot \vartheta_i \quad (2.3)$$

Kde  $\varphi_i$  jsou poměry sálání jednotlivých okolních ploch plochou lidského těla (-),  $\vartheta_i$  jsou teploty okolních ploch (°C).

Účinná teplota tedy závisí na teplotách všech okolních ploch a na poměrech sálání, vztažených k ploše lidského těla. V praxi se však od tohoto požadavku upouští a hodnoty se vztahují k elementární kouli, bodu, umístěné obvykle uprostřed objektu. [5]

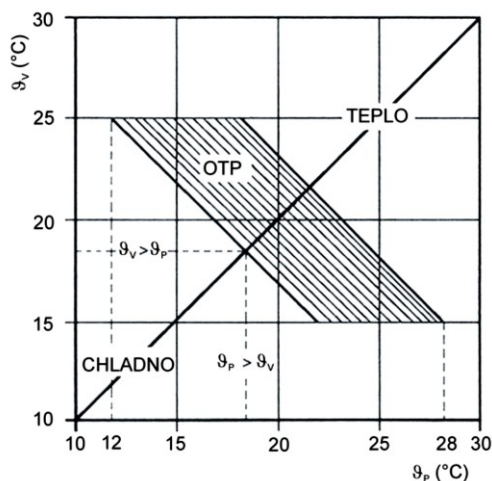
#### 2.2.4. Výsledná teplota prostředí v místnosti

Vyjdeme-li ze vztahu pro tepelnou rovnováhu vyjádřenou pomocí tepelných toků k povrchu tělesa  $S$  a použijeme-li zjednodušení pro součinitele prostupu tepla konvekcí a sáláním  $\alpha_k = \alpha_s$  (při proudění vzduchu rychlostí menší než  $0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), dostaneme pro výslednou teplotu prostředí, potřebnou pro zjištění tepelné pohody, rovnici ve tvaru

$$\vartheta_i = 0,5 \cdot \vartheta_v + 0,5 \cdot \vartheta_p \quad (2.4)$$

Kde  $\vartheta_i$  jsou teploty okolních ploch ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $\vartheta_v$  teplota vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $\vartheta_p$  teplota okolních ploch ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Z toho vyplývá, že tepelná pohoda člověka závisí při dané vnitřní produkci tepla a dané tepelné propustnosti oděvu pouze na teplotě vzduchu a účinné teplotě okolních ploch. Poměr obou teplot  $\vartheta_v$  a  $\vartheta_p$  však nemůže být zcela libovolný. Předpokládá-li se, že v místnostech, kde je výsledná teplota  $\vartheta_i = 18,5$  až  $21,5^{\circ}\text{C}$ , má být teplota vzduchu  $\vartheta_v$  v mezích od  $15$  do  $25^{\circ}\text{C}$ , může se účinná teplota okolních ploch  $\vartheta_p$  měnit v mezích od  $12$  do  $28^{\circ}\text{C}$ . tato „oblast tepelné polohy“ je názorně vyznačena šrafováním na obr. 2. [5]



Obr. 2 Oblast tepelné pohody

#### 2.3. Šíření tepla

Při využití tepla pro potřeby vytápění, se jeho šíření řídí podle obecného principu šíření energie, tedy z místa s větší hustotou energie k místu s menší hustotou energie. Objemová hustota energie ( $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$ ) je množství energie  $W$  příslušející jednotce objemu prostředí, tedy

$$w = \frac{dW}{dV} \quad (2.5)$$

Intenzitu šíření energie pak vyjadřuje tepelný tok  $P$  (výkon)

$$P = \frac{dQ}{dt} \quad (2.6)$$

Hustota tepelného toku  $q$  ( $W \cdot m^{-2}$ ) se uvažuje jako průchod daného tepelného výkonu plochou  $S = 1m^2$ .

$$q = \frac{dP}{dS} = \frac{d^2Q}{dS \cdot dt} \quad (2.7)$$

Šíření energie (tepla) prostředím je realizován pomocí nosičů energie. Jsou to částice, které se v daném prostředí vyskytují, ale mají vyšší energii než částice v jejich blízkosti, nebo se do daného prostředí dostanou z okolí. Z toho důvodu jsou druh, rychlost a způsob pohybu částic odlišné a závisí na typu prostředí. Může se jednat elementární částice (elektrony, atomy), ale i elektromagnetické vlny, které přenášejí energii pomocí fotonů.

Existují dva konkrétní způsoby přemísťování částic (nosičů energie) a závisí na koncentraci látkových částic v daném prostředí. První způsob se uplatňuje zejména v prostředích s vysokou koncentrací částic (pevné nebo kapalné skupenství). Pak částice, které se pohybují proti gradientu hustoty energie, jsou v neustálém kontaktu s ostatními částicemi prostředí. Jedná se tedy o přirozené šíření tepla s míst s vyšší tepelnou koncentrací do míst s koncentrací nižší. Energie je odevzdávána prostřednictvím neustálých srážek mezi částicemi.

Druhý odlišný způsob šíření energie se uskutečňuje v prostředí s nízkým obsahem částic. Přemísťování nosičů energie probíhá zářením. To může mít například formu světla. Tyto principy popisují šíření tepla prostředím a jsou pro ně odvozeny tyto tři způsoby šíření tepla: vedením tepla (kondukce), prouděním tepla (konvekce), sáláním tepla (záření, radiace). [5]

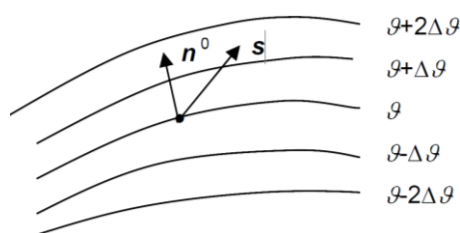
### 2.3.1. Šíření tepla vedením

Uvnitř pevných těles nebo v jejich těsném dotyku dochází k šíření tepla vedením. Teplo, podobně jako magnetická nebo elektrická energie, vytváří kolem sebe tzv. tepelné pole. Tepelné pole je množina okamžitých teplot všech bodů zkoumané části prostoru a je polem skalárním. Z hlediska prostoru může být jedno, dvou, nebo třírozměrné, z hlediska času stacionární nebo nestacionární. Obecně je teplota funkcí souřadnic a času.

$$\vartheta = \vartheta(x, y, z, t) \quad (2.8)$$

Platí-li  $\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = 0$  pak se jedná o pole stacionární – teplota se v čase nemění. Při výpočtu tepelných ztrát a tepelné pohody prostředí se předpokládá ustálený stav, tj. řeší se případ stacionárního teplotního pole.

Spojnice míst se stejnou hladinou tepelné energie (stejnou teplotou) se nazývají izotermie, resp. izotermické plochy. Pokud jsou vlastnosti materiálů z hlediska vedení tepla ve všech směrech stejné, jde o prostředí izotropní.



Obr. 5 izotermické plochy

Největší změny teploty nastávají ve směru normály k izotermické ploše. Limitní hodnotou teplotního spádu je gradient teploty.

$$\text{grad}\vartheta = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta\vartheta}{\Delta n} \cdot n^0 \quad (2.9)$$

Je to vektor kolmý k izotermické ploše. Množina teplotních gradientů tvoří vektorové pole. Existence pole (je-li nenulové) znamená, že v prostoru dochází k šíření tepla. [5]

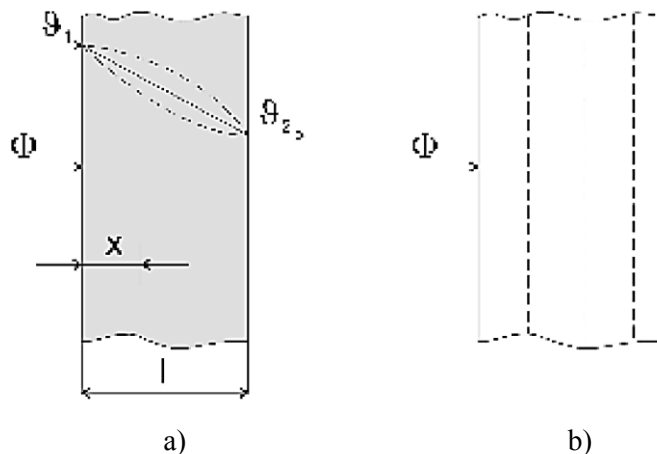
Součiniteli tepelné vodivosti materiálu  $\lambda$  ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) vyjadřuje vlastnost materiálu vést teplo. Je to hodnota energie ve W, která projde materiálem tloušťky 1m při rozdílu teplot 1K mezi povrchy materiálů.

#### *Vedení tepla rovinnou stěnou*

Tepelný tok  $\Phi$  (W) procházejí homogenní rovinnou stěnou o tloušťce  $l$ , ploše  $S$ , součiniteli tepelné vodivosti materiálu  $\lambda$  a rozdílu povrchových teplot  $\vartheta_1 - \vartheta_2$  je

$$\Phi = \frac{\lambda}{l} \cdot S \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) \quad (2.10)$$

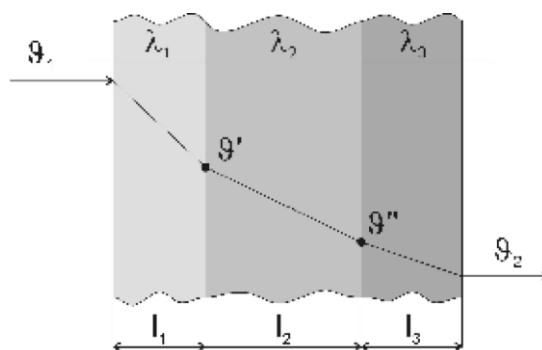
Teplota  $\vartheta$  se zmenšuje lineárně se vzdáleností  $x$  z hodnoty  $\vartheta_1$  na levém rozhraní na teplotu  $\vartheta_2$  na pravém rozhraní. Čárkovanou čarou na Obr. 3a nad lineárním průběhem je zobrazen skutečný průběh pro keramické materiály, pod lineárním průběhem pro čisté kovy. Na Obr. 3b jsou čárkovaně vyznačeny izotermické plochy. [5]



Obr. 3 vedení tepla jednoduchou rovinnou stěnou

Je-li stěna složena z několika různě silných vrstev materiálů s rozdílnou teplotou vodivosti Obr. 4, pak tepelný tok tepelnou konstrukcí je

$$\Phi = \frac{S \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2)}{\frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n}} \quad (2.11)$$



Obr. 4 složená rovinná stěna

U složené rovinné stěny pro teplotu na rozhraní vrstev platí vztahy:

$$\vartheta' = \vartheta_1 - \frac{\Phi \cdot l_1}{\lambda_1 \cdot S} \quad (2.12)$$

$$\vartheta'' = \vartheta_2 - \frac{\Phi \cdot l_1}{\lambda_2 \cdot S} \quad (2.13)$$

Koeficient součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) vyjadřuje termofyzikální vlastnost prostředí, vlastnosti materiálů vést teplo.

Při výpočtu tepelných ztrát a tepelné pohody prostředí se předpokládá ustálený stav, tj. řeší se případ stacionárního teplotního pole. Skutečné kolísání teplot v čase se zohlední v přídatných koeficientech uplatňovaných v užívaných vztazích. [5]

### 2.3.2. Šíření tepla prouděním

Proudění je takový způsob šíření tepla, který je vázán na šíření hmoty o určité vnitřní energii z jednoho místa na druhé. Z makroskopického pohledu se nejedná o šíření tepla, ale o šíření hmoty, na kterou je teplo vázané. Tento pohyb je iniciován buď gradientem teploty, nebo také vnějším působením (např. ventilátorem). Rozlišují se tedy dvě možnosti: přirozená konvekce, nucená konvekce.

Při obtékání povrchu pevného prostředí o teplotě  $T_p$  a proudící tekutinou o teplotě  $T_i$  platí pro hustotu tepelného toku rovnice

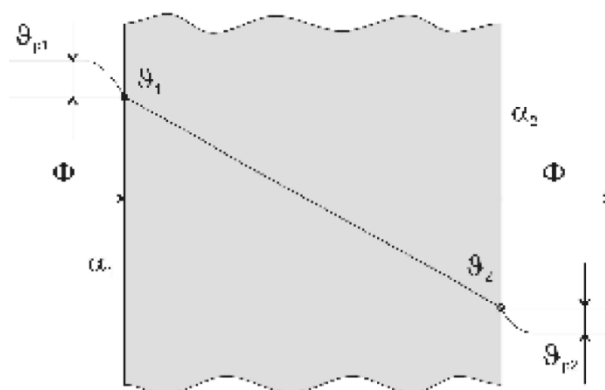
$$q_k = \alpha(T_p - T_i) = \alpha \cdot \Delta T \quad (2.14)$$

To znamená, že hustota tepelného toku prouděním je přímo dána teplotním rozdílem mezi povrchem a tekutinou. Velikost hustoty tepelného toku ovlivňuje součinitel přestupu tepla  $\alpha$  ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ). Ten je závislý na tlaku, teplotě a rychlosti proudění tekutiny, na druhu proudění (laminární nebo turbulentní) a na fyzikálních vlastnostech kapaliny (hustotě, měrné tepelné kapacitě, tepelné vodivosti a viskozitě) a dále na tvaru, rozměrech a drsnosti obtékaného tělesa.

Šíření tepla prouděním patří k nejobtížnějším výpočtovým problémům v tepelné technice. Zabývá se jím mnoho odborné literatury. V důležitých případech je nejlépe, určíme-li součinitel přestupu tepla  $\alpha$ . Sami měřením na modelu co nejvíce odpovídajícím našemu případu při použití uvedených vztahů, v nichž se  $\alpha$  vyskytuje. Při přestupu tepla prouděním Obr. 3 platí Newtonův zákon:

$$\Phi = \alpha_1 \cdot (\vartheta_{p1} - \vartheta_1) \cdot S \quad (2.15)$$

$$\Phi = \alpha_2 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_{p2}) \cdot S \quad (2.16)$$



Obr. 3 šíření tepla prouděním

Mezi teplotou prostředí a teplotou povrchu je i v ustáleném stavu teplotní rozdíl daný tím, že na povrchu stěny lpí vždy tenká vrstvy plynu nebo kapaliny, která se neúčastní proudění. Touto vrstvou prochází tepelný tok pouze vedením, a protože tepelná vodivost plynů a kapalin je malá, nastává zde teplotní skok.

### 2.3.3. Šíření tepla sáláním

Šíření tepla sáláním se liší od vedení a proudění jiným mechanismem šíření. Šíření energie, respektive tepla, se děje pomocí elektromagnetických vln v celém rozsahu vlnových délek. Elektromagnetické vlnění je vytvářeno každým neprůzračným tělesem o teplotě větší než 0K a zároveň okolí záření pohlcuje.

Záření lze rozložit na jednotlivé složky, kterým odpovídají jednotlivé vlnové délky, a můžeme tak získat vyzařované spektrum.

Na těleso rovněž dopadá tepelný tok od ostatních těles v prostoru. K ohřevu tělesa pochopitelně dochází, přijímá-li ze svého okolí více energie než samo vyzáří a naopak. Množství vyzařované energie je úměrné ploše aktivního povrchu tělesa a čtvrté mocnině jeho termodynamické teploty. Je rovněž závislé na charakteru povrchu tělesa. Tok energie dopadající na těleso lze rozdělit na tři části: A pohlcený tok (poměrná pohltivost – absorpce), B odražený tok (poměrná odrazivost – reflexe), C prostupující tok (poměrná propustnost)

Musí platit

$$A + B + C = 1 \quad (2.17)$$

## 2.4. Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

### 2.4.1. Tepelný odpor

Tepelný odpor vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu, čili k šíření energie o velikosti 1 J za 1 sekundu. Tepelný odpor je tepelně izolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. nestejnorodé vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky. Je-li známa hodnota součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a je-li konstantní, povrchy kolmé na směr tepelného toku jsou vzájemně



rovnoběžné (planparalelní vrstva) a vrstvou tak proudí rovnoměrný tepelný tok, je tepelný odpor definován vztahem

$$R = \frac{l}{\lambda} \quad (2.18)$$

Kde  $R$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) je tepelný odpor,  $l$  ( $m$ ) je tloušťka vrstvy,  $\lambda$  ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) je koeficient součinitele tepelné vodivosti.

Tepelný odpor konstrukce je roven součtu tepelných odporů jednotlivých (planparalelních) vrstev, ze kterých je konstrukce složena.

$$R_c = \sum R_j \quad (2.18)$$

Kde  $R_c$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) je celkový tepelný odpor, Kde  $R_j$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) je tepelný odpor jednotlivých vrstev, který určíme pomocí vztahu

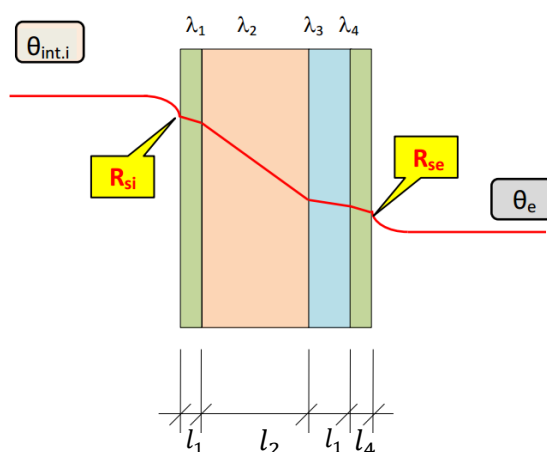
$$R_j = \frac{l_j}{\lambda_j} \quad (2.19)$$

Kde  $l_j$  je každé jednotlivé vrstvy a  $\lambda_j$  ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) je koeficient součinitele tepelné vodivosti každé jednotlivé vrstvy

Úhrnný tepelný odpor  $R_T$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ), brání výměně tepla mezi prostředími oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$  s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami. Při výpočtu úhrnného odporu konstrukce je třeba zohlednit odpor tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce dle vztahu

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (2.20)$$

Kde  $R_T$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) úhrnný tepelný odpor,  $R_{si}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) je tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce a  $R_{se}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) tepelný odpor na vnější straně konstrukce. [7]



Obr. 4 konstrukce úhrnného tepelného odporu  $R_t$

$R_{si}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce a  $R_{se}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) tepelný odpor na vnější straně konstrukce je možné určit podle ČSN 73 0540-3 nebo výpočtem

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{si}} \quad (2.21)$$

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_{se}} \quad (2.22)$$

Hodnoty  $\alpha_{si}$  a  $\alpha_{se}$  jsou dány normou ČSN v závislosti na druhu ročního období a poloze stavební konstrukce. [8]

**Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN 73 0540-3**

Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce / povrch	Tepelný odpor při přestupu tepla $R_{se}$ a $R_{si}$ [ $m^2 \cdot K/W$ ]
vnější	souč.prostupu tepla, povrchové teploty	jednoplášťová	0,04
		dvouplášťová	stejně jako $R_{si}$
zemina		styk se zeminou	0
vnitřní	souč.prostupu tepla, tepelné toky	stěna (horizont. tep. tok)	0,13
		střecha (tep. tok vzhůru)	0,10
		podlaha (tep. tok dolů)	0,17

#### 2.4.2. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla  $U$  ( $m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot W$ ) je celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavebními konstrukcemi o tepelném odporu  $R$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce. Čím nižší je součinitel přestupu tepla, tím jsou vlastnosti materiálu lepší. Součinitel přestupu tepla je definován vztahem

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2.23)$$

Kde  $U$  ( $m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot W$ ) je součinitel přestupu tepla,  $R_T$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) úhrnný tepelný odpor.

Podle ČSN 73 0540-2 se součinitel prostupu tepla hodnotí současně dvěma způsoby: pro jednotlivé konstrukce podle 5.2.1 a pro budovu jako celek podle 5.3 pomocí průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$ . Oba požadavky musí být splněny současně, pokud není výjimečně připuštěno jinak.

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla se použijí pro hodnocení konstrukcí podle zvláštního předpisu (vyhláška č. 268/2009 Sb.). Použití hodnot doporučených se doporučuje všude tam, kde tomu nebrání technické, ekonomické nebo legislativní překážky.

### 3. VÝPOČET

#### 3.1. Specifikace sledovaného rodinného domu

Pro výpočet jsem využila novostavbu rodinného domu v Šenově u Ostravy. Rodinný dům je svou jednoduchou konstrukcí ideální pro mé zhodnocení energetické náročnosti a další porovnání, kdyby byl postaven dispozičně stejně, jen z odlišných materiálů. Ve výpočtech budou zanedbány některé stavební detaily, jako jsou např. tepelné mosty.



*Obr. 5 sledovaný rodinný dům*

Rodinný dům byl postaven v roce 2013. Majitelé velmi dobře zvažovali polohu domu, kde by mohli plně využít klidu a odpočinku po celodenní práci a zároveň aby měl dům dobrou dostupnost. Oba aspekty se jim podařilo výborně spojit.

Výstavbu plně přenechali renovované firmě, která jim zajistila jak projektovou dokumentaci, tak doporučila materiály, které by byly nejvhodnější na výstavbu domu, aby stavba splňovala jejich představy o bydlení a hlavně z energetického hlediska byla úsporná. Stavba je navržena jako zděná, s pultovou střechou a jedním nadzemním podlažím. Na výstavbu obvodového zdiva byla použita keramická tvárnice Porotherm doplněná o kompaktní zateplovací systém polystyren šířky 160mm. Střecha je zaizolovaná minerální vatou a pokryta pojistnou hydroizolací. Okna a balkónové a vstupní dveře jsou od firmy Veka.

#### 3.2. Výpočet tepelného odporu

K výpočtu budeme potřebovat situační plán, půdorys, pohledy a řezy sledovaného rodinného domu, které jsou součástí přílohy. Dle projektové dokumentace byla sepsána podrobná skladba konstrukcí.

**Obvodová konstrukce:**

Minerální omítka	4	mm
Polystyrén	160	mm
keramická tvárnice Porotherm	240	mm
omítka vápencementová	20	mm

**Podlaha:**

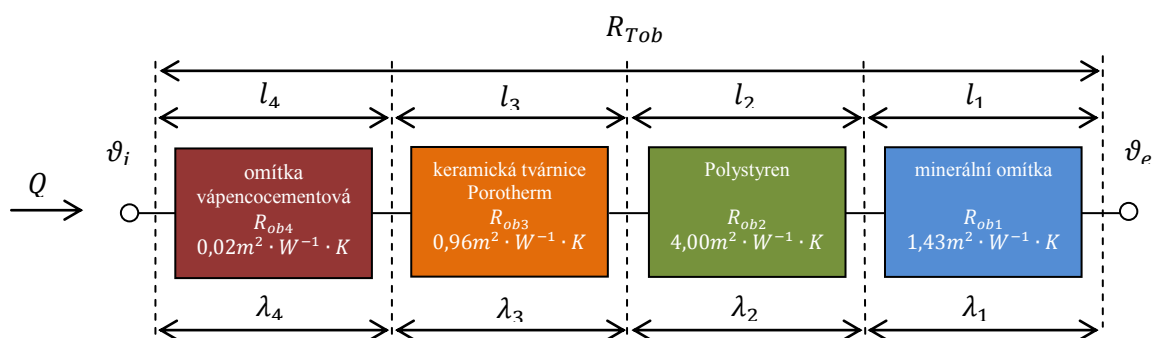
železobeton	150	mm
hydroizolace Bitagit	2	mm
polystyrén	120	mm
PE fólie	5	mm
Anhydrit	70	mm

**Strop:**

OSB deska	20	mm
PE folie (parozábrana)	0,5	mm
Minerální vata	250	mm
OSB deska	20	mm
pojistná hydroizolace	4	mm

**3.2.1. Výpočet tepelného odporu obvodové konstrukce**

Dle skladby konstrukce obvodového zdiva sestavíme tepelné schéma, které se skládá z jednotlivých vrstev materiálů. Všechny vrstvy prostupuje tepelný tok dle zákona termodynamiky z místa s větší tepelnou koncentrací s interiérovou teplotou  $\vartheta_i$  do místa s nižší tepelnou koncentrací s teplotou exteriéru  $\vartheta_e$ .



Obr. č. 6 Tepelné schéma obvodové konstrukce

Podle rovnice (2.19) vypočteme  $R_j$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) tepelný odpor jednotlivých složek obvodové konstrukce

$$R_{job1} = \frac{l_{job1}}{\lambda_{job1}} \Rightarrow \frac{0,004}{0,8} = 0,005 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{job2} = \frac{l_{job2}}{\lambda_{job2}} \Rightarrow \frac{0,16}{0,04} = 4 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{job3} = \frac{l_{job3}}{\lambda_{job3}} \Rightarrow \frac{0,24}{0,25} = 0,96 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{job4} = \frac{l_{job4}}{\lambda_{job4}} \Rightarrow \frac{0,02}{0,99} = 0,02 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

Dle výše uvedených výpočtů je patrné, že úhrnný odpor obvodové konstrukce bude nejvíce ovlivňovat vrstva s nejvyšším tepelným odporem což je v tomto případě  $R_{job2}$  polystyrén.

Tepelný odpor obvodové konstrukce  $R_{cob}$  vypočteme následně podle rovnice (2.18)

$$R_{cob} = \sum R_{job} \Rightarrow 0,005 + 4 + 0,96 + 0,02 = 4,99 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

Podle rovnice (2.21) a (2.22) vypočteme tepelný odpor na vnitřní a vnější straně konstrukce. Součinitel přestupu tepla  $\alpha$  volíme dle ČSN na vnitřní straně  $17,4 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$  a venkovní straně  $5,8 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ .

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{si}} \Rightarrow \frac{1}{17,4} = 0,058 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_{se}} \Rightarrow \frac{1}{5,8} = 0,17 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

Podle rovnice (2.19) vypočteme úhrnný odpor obvodové konstrukce  $R_{Tob}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ )

$$R_{Tob} = R_{si} + R_{cob} + R_{se} \Rightarrow 0,058 + 4,99 + 0,17 = \underline{5,22 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K}$$

### 3.2.2. Výpočet tepelného odporu podlahy

Podle rovnice (2.19) vypočteme  $R_j$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) vypočteme tepelný odpor jednotlivých složek podlahy

$$R_{jp1} = \frac{l_{jp1}}{\lambda_{jp1}} \Rightarrow \frac{0,15}{0,58} = 0,09 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{jp2} = \frac{l_{jp2}}{\lambda_{jp2}} \Rightarrow \frac{0,002}{0,21} = 0,001 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{jp3} = \frac{l_{jp3}}{\lambda_{jp3}} \Rightarrow \frac{0,12}{0,04} = 3 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{jp4} = \frac{l_{jp4}}{\lambda_{jp4}} \Rightarrow \frac{0,0005}{0,3} = 0,00 m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{jp5} = \frac{l_{jp5}}{\lambda_{jp5}} \Rightarrow \frac{0,07}{1,2} = 0,06 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

Tepelný odpor podlahy  $R_{cp}$  vypočteme následně podle rovnice (2.18)

$$R_{cp} = \sum R_{jp} \Rightarrow 0,09 + 0,001 + 3 + 0,00 + 0,06 = 3,16 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$R_{se}$  zanedbáme a  $R_{si}$  volíme stejné jako u výpočtu obvodového zdiva.

Podle rovnice (2.19) vypočteme úhrnný odpor obvodové konstrukce  $R_{Tp}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ )

$$R_{Tp} = R_{si} + R_{cob} + R_{se} \Rightarrow 0 + 3,16 + 0,17 = \underline{3,22 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K}$$

### 3.2.3. Výpočet tepelného odporu stropu

Podle rovnice (2.19) vypočteme  $R_j$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ ) tepelný odpor jednotlivých složek stropní konstrukce.

$$R_{js1} = \frac{l_{js1}}{\lambda_{js1}} \Rightarrow \frac{0,02}{0,13} = 0,15 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{js2} = \frac{l_{js2}}{\lambda_{js2}} \Rightarrow \frac{0,0005}{0,39} = 0,00 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{js3} = \frac{l_{js3}}{\lambda_{js3}} \Rightarrow \frac{0,25}{0,035} = 7,14 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{js4} = \frac{l_{js4}}{\lambda_{js4}} \Rightarrow \frac{0,02}{0,13} = 0,15 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$$R_{js5} = \frac{l_{js5}}{\lambda_{js5}} \Rightarrow \frac{0,004}{0,21} = 0,02 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

Dle výše uvedených výpočtů je patrné, že úhrnný odpor obvodové konstrukce bude nejvíce ovlivňovat vrstva s nejvyšším tepelným odporem což je v tomto případě  $R_{js3}$  minerální vata.

Tepelný odpor obvodové konstrukce  $R_{cs}$  vypočteme následně podle rovnice (2.18)

$$R_{cs} = \sum R_{js} \Rightarrow 0,15 + 0 + 7,14 + 0,15 + 0,02 = 7,47 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$$

$R_{se}$  a  $R_{si}$  volíme stejné jako u výpočtu obvodového zdiva.

Podle rovnice (2.19) vypočteme úhrnný odpor obvodové konstrukce  $R_{Ts}$  ( $m^2 \cdot W^{-1} \cdot K$ )

$$R_{Ts} = R_{si} + R_{cs} + R_{se} \Rightarrow 0,058 + 7,7 + 0,17 = \underline{7,7 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K}$$

### 3.2.4. Výpočet tepelného odporu oken a balkónových dveří

Dle Prohlášení výrobce o vlastnostech č. PO- VEKA Softline 70/01-2013 známe hodnotu součinitele přestupu tepla  $U(m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot W)$ . Podle rovnice (2.23) dopočítáme  $R_{To}$ .

$$R_{To} = \frac{1}{U} \Rightarrow \frac{1}{0,70} = \underline{1,43 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K}$$

### 3.2.5. Výpočet tepelného odporu vstupních dveří

Dle Prohlášení výrobce o vlastnostech č. PO- VEKA Softline 70/01-2013 známe hodnotu součinitele přestupu tepla  $U(m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot W)$ . Podle rovnice (2.23) dopočítáme  $R_{Td}$ .

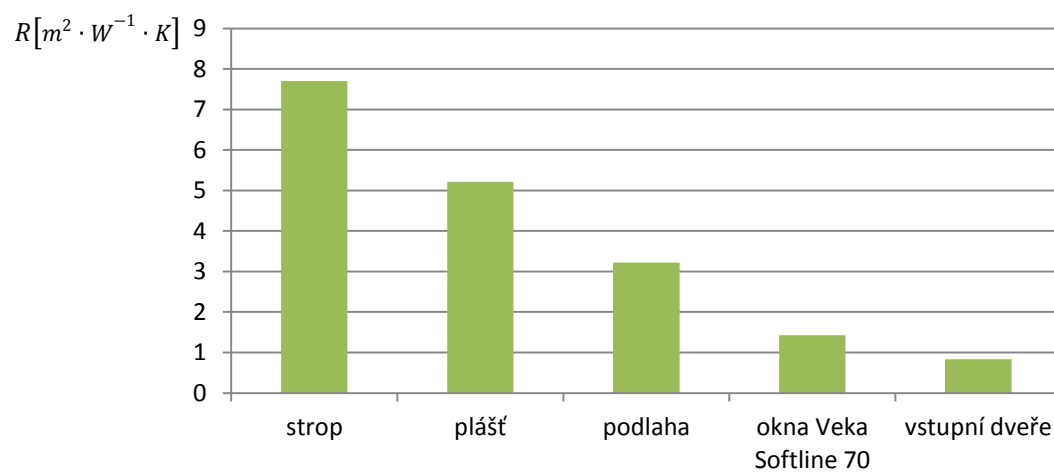
$$R_{Td} = \frac{1}{U} \Rightarrow \frac{1}{1,20} = \underline{0,83 \, m^2 \cdot W^{-1} \cdot K}$$

Veškeré výsledky výpočtů jsou uvedeny pro přehlednost v tabulce č. 1. Jednoznačně je vidět, že největší tepelný odpor domu má stropní konstrukce z čehož vylívá, že je nejlépe tepelně odizolována. V grafu č. 1 je pak vidět které části domu mají již tepelný odpor nižší. Nejnižší tepelný odpor mají vstupní dveře. Což je patrné i ze snímku pořízeného termokamerou obr. č. 8.

Tab. č. 1 tepelné odpory jednotlivých částí RD1

	$l$ [m]	$\lambda$ [W · m <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> ]	$R_j$ [m <sup>2</sup> · W <sup>-1</sup> · K]	$R_T$ [m <sup>2</sup> · W <sup>-1</sup> · K]	$U$ [m <sup>-2</sup> · K <sup>-1</sup> · W]
<b>Obvodová konstrukce</b>				5,22	0,19
minerální omítka	0,004	0,8	0,005		
polystyren	0,16	0,04	4,00		
keramická tvárnice Porotherm	0,24	0,25	0,96		
omítka vápencocementová	0,02	0,99	0,02		
<b>podlaha</b>				3,22	0,31
železobeton	0,15	1,58	0,09		
hydroizolace Bitagit	0,002	0,21	0,01		
polystyren	0,12	0,04	3,00		
PE folie	0,0005	0,3	0,00		
Anhydrit	0,07	1,2	0,06		
<b>strop</b>				7,70	0,13
OSB deska	0,02	0,13	0,15		
PE folie (parozábrana)	0,0005	0,39	0,00		
minerální vata	0,25	0,035	7,14		
OSB deska	0,02	0,13	0,15		
pojistná hydroizolace	0,004	0,21	0,02		
<b>okna Veka Softline 70</b>				1,43	0,70
<b>vstupní dveře Veka</b>				0,83	1,20

### tepelný odpor jednotlivých částí RD 1



Obr. č. 7 pohled na dům ze severní strany



Obr. č. 8 snímek z termokamery, severní strana domu





*Obr. č. 9 snímek z termokamery, S/V strana domu*



*Obr. č. 10 snímek z termokamery, J/V strana domu*



*Obr. č. 11 snímek z termokamery, J/Z strana domu*



*Obr. č. 12 snímek z termokamery, jižní strana domu*



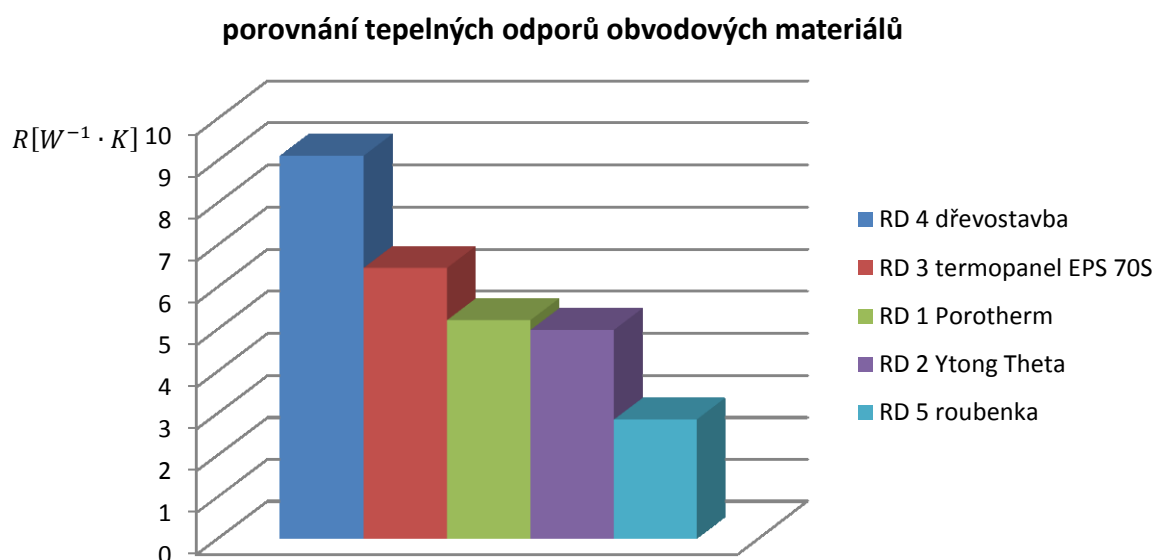
*Obr. č. 13 pohled na dům z východní strany*

Na snímcích z termokamery je velice dobře vidět místa která jsou slabinou domu, kde je nižší tepelný odpor a teplo se šíří snadněji. Což jsou především vstupní dveře a okenní rámy. Celkově je dům, ale velice dobře tepelně odizolován.

### 3.3. Porovnání tepelného odporu obvodové konstrukce

Pro porovnání jednotlivých materiálů jsme použili, ty materiály, které jsou v současné době k výstavbě novostaveb nejpopulárnější. Porovnáváme materiály domu RD1, kde hlavním materiálem je Porotherm doplněný o izolaci polystyrénu, rodinný dům RD2, kde hlavním materiálem je Ytong, rodinný dům RD3 postavený z termopanelů kde hlavní složkou je polystyrén v hliníkové konstrukci, rodinný dům RD4 velice populární dřevostavba kde hlavní složkou je minerální vata v dřevěném skeletu jako poslední dům RD5 pro srovnání jsme použili obvodové zdivo z masivní smrkové kulatiny – roubenku.

Podle postupu výpočtu tepelného odporu obvodové konstrukce prvního typu rodinného domu uvedeného v odstavci 3.2.1. provedeme výpočet všech porovnávaných konstrukcí obvodového zdiva. Veškeré výpočty jsou obsaženy v tabulce č. 2, kterou doplňuje i názorný graf. Z výpočtů i grafického znázornění vyplývá, že RD4 dřevostavba má nejvyšší tepelný odpor a tím i nejlepší izolační vlastnosti. Oproti tomu RD5 postavený z kulatiny smrku, má tepelný odpor nejnižší což znamená, že má nejhorší tepelné vlastnosti.



Tab. č. 2 porovnání tepelných odporů obvodových materiálů

	$l$ [m]	$\lambda$ [W · m <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> ]	$R$ [m <sup>2</sup> · W <sup>-1</sup> · K]	$R_t$ [m <sup>2</sup> · W <sup>-1</sup> · K]	$U$ [m <sup>-2</sup> · K <sup>-1</sup> · W]
<b>RD 1 Porotherm</b>				5,22	0,19
minerální omítka	0,004	0,8	0,01		
polystyren	0,16	0,04	4,00		
keramická tvárnice Porotherm	0,24	0,25	0,96		
omítka vápocementová	0,02	0,99	0,02		
<b>RD 2 Ytong</b>				4,98	0,20
jádrová omítka	0,02	0,37	0,05		
Ytong Theta	0,375	0,08	4,69		
vápencocementová omítka	0,01	0,99	0,01		
<b>RD 3 thermopanel</b>				6,46	0,15
omítka silikátová	0,002	0,8	0,00		
polystyren	0,08	0,04	2,00		
termopanel EPS 70S	0,15	0,036	4,17		
sádrokarton	0,0125	0,22	0,06		
<b>RD 4 dřevostavba</b>				9,12	0,11
omítka	0,001	0,99	0,00		
OSB deska	0,03	0,13	0,23		
PE folie (parozábrana)	0,5	0,39	1,28		
minerální vata	0,25	0,035	7,14		
OSB deska	0,03	0,13	0,23		
omítka	0,001	0,99	0,00		
<b>RD 5 roubenka</b>				3,08	0,35
kulatina smrk	0,3	0,1052	2,85		

## 4. ZÁVĚR

Hlavním úkolem této bakalářské práce je zhodnotit stavební materiály obvodového zdiva při výstavbě rodinných domů z hlediska energetické náročnosti. Provedenými výpočty jsem došla k výsledku, že při použití obvodového zdiva, jehož základem je polystyrén v našem případě termopanely, nebo minerální vata v našem případě dřevostavba radikálně tepelný odpor budovy vzroste, čím se zásadně sníží únik tepla a i energetická náročnost. Vzhledem k tlaku celé společnosti na snižování energetické náročnosti budov, je těchto materiálů často ve stavebnictví využíváno ať již jako hlavní stavební materiál tak na zateplení.

Je však nutné se podívat na tyto stavební materiály i z jiné stránky. Prvním pohledem je schopnost pohlcovat a propouštět vlhkost. Pokud dům kvalitně odizolujeme, téměř hermeticky uzavřeme a nedodržíme dostatečnou výměnu vzduchu ať již větráním, nebo rekuperací dojde ke kondenzaci vody na stěnách budovy, což je častou příčinou vzniku plísní. Dům postavený z přírodních materiálů jako je cihla, masivní dřevo – roubenka nemá dle mých propočetů takové dobré tepelné vlastnosti, ale v případě nadměrné vlhkosti jsou tyto přírodní materiály schopny přirozeně pohlcovat tuto vlhkost velmi dobře a při nadměrném suchu naopak pozvolna vlhkost vracet do prostoru, čímž dosáhneme přirozeného zdravého prostředí.

Druhým pohledem je výroba stavebních materiálů. Jde nám o snížení energetických nákladů, ale do těch je nutné započítat i výrobu těchto materiálů. V případě domu z masivního dřeva vstupní energetické náklady na výrobu budou téměř nulové, kdežto výroba např. polystyrénu je vysoce energeticky náročná, tak i když nám ve výpočtech vychází energeticky nejúspornější, jeho vstupní hodnoty z hlediska výroby si svou daň již vybraly předem.

Třetím pohledem je životnost těchto stavebních materiálů a případná likvidace odpadu. Minimální životnost polystyrénu je 25 let, dřevostavby 35 let, cihlového domu 100 let, srubové domy 150 i více let. Již na první pohled je vidět že cihlový dům má životnost třikrát delší než dřevostavba, která nám ve výpočtech vyšla energeticky nejúspornější. Likvidace přírodních materiálů je jistě energeticky míň náročná než likvidace plastů.

Když celkově zhodnotíme pro a proti všech mnou použitých materiálů k výstavbě rodinného domu, porovnáme energetickou náročnost a připočteme všechny zmiňované pohledy, docházím k závěru, že je z celkového energetického hlediska nejvýhodnější postavit dům z přírodního materiálu jako je dřevo nebo cihla, ale zvýšit šířku obvodových zdí, tím docílíme vyššího tepelného odporu a přitom použijeme materiál, který má nízkou vstupní energetickou náročnost, zároveň má vysokou životnost. Dalším řešením může být také, stavba s využitím skvělých izolačních schopností vzduchu a to stavba s tzv. vzduchovou mezerou v obvodové zdi. Nejhorším prostředím, ve kterém se může totiž šířit tepelný tok v našich podmínkách, je relativně úzká vzduchová mezera. Tímto docílíme celkově nejen nejnižších energetických nákladů, ale také pocitu ideální tepelné pohody a zdravého životního prostředí.

## 5. LITERATURA

- [1] Portál veřejné zprávy, zákon o Hospodaření s energií č. 406/2000  
URL: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49857&nr=406~2F2000&rpp=15#local-content>
- [2] Portál veřejné zprávy, zákon o Energetické náročnosti budov 78/2013  
URL: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=79679&nr=78~2F2013&rpp=15#local-content>
- [3] zákon o Energetické náročnosti budov 78/2013  
URL: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-78-2013-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [4] BERNARDINOVÁ, Anna. Zpracování průkazu energetické náročnosti. Linde Praha akciová společnost, 2013
- [5] doc. Ing. GOŇO Radomír, Ph.D., Ing. KRÁL Vladimír, Ph.D. Výroba a užití elektrické energie, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012
- [6] Prof. Ing. HRADÍLEK Zdeněk, DrSc., Doc. Ing. LÁZNIČKOVÁ Ilona, Ph.D., Ing. KRÁL Vladimír, Ph.D. Elektrotepelná technika, ČVUT Praha 2011, ISBN 978-80-01-043938-9
- [7] tzbinfo, technická zařízení budov, stavebnictví, úspora energií  
URL: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [8] izolace-info, informace o izolacích a zateplení  
URL: <http://www.izolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/>
- [9] ARTBAUER, Otto, Tepelný výpočet elektrických přístrojů, Bratislava, SVŠT 1963
- [10] Ing. HAVELKA Otto, CSc.. Stavba elektrických přístrojů I., Brno, VUT 1984
- [11] HASSDENTEUFEL Josef, Elektrotechnické materiály, Bratislava, ALFA 1978

## **6. SEZNAM PŘÍLOH**

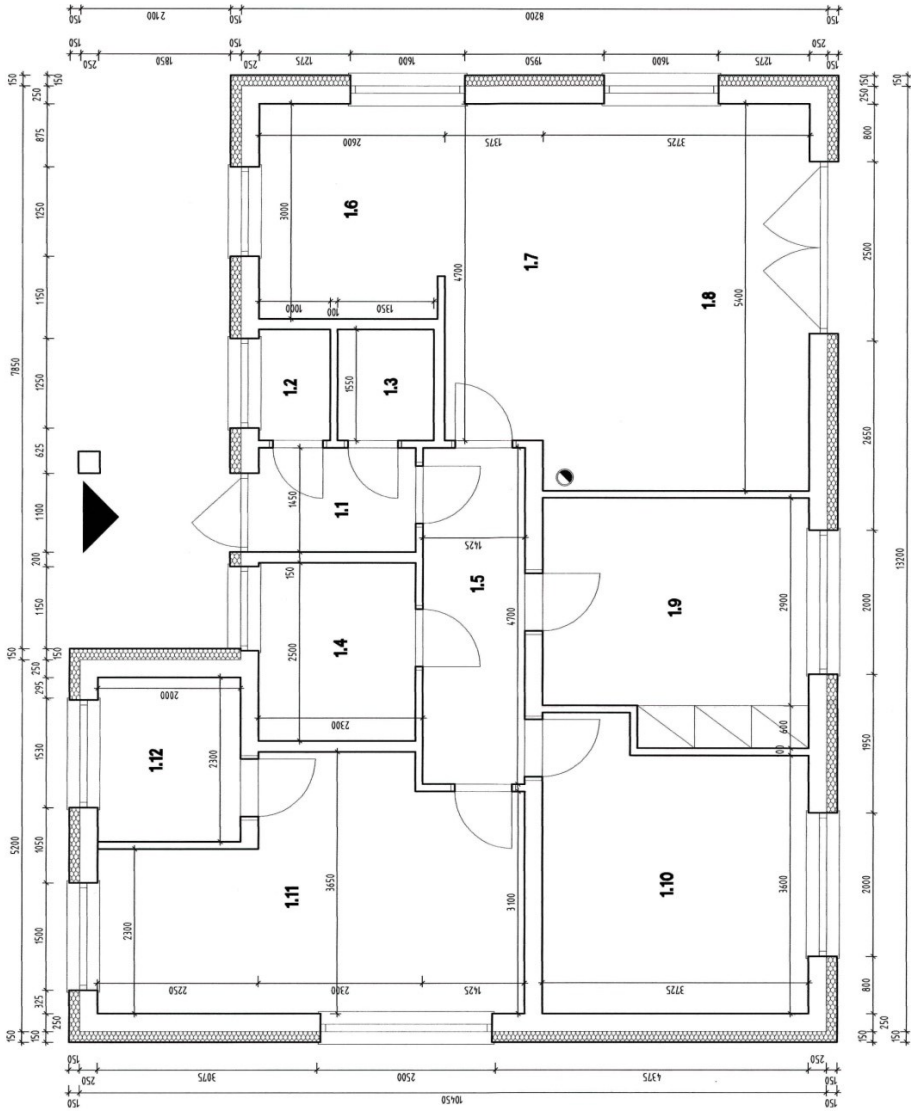
Příloha č. 1 Půdorys 1NP

Příloha č. 2 Půdorys střechy

Příloha č. 3 Řez


Příloha č. 4 Pohledy





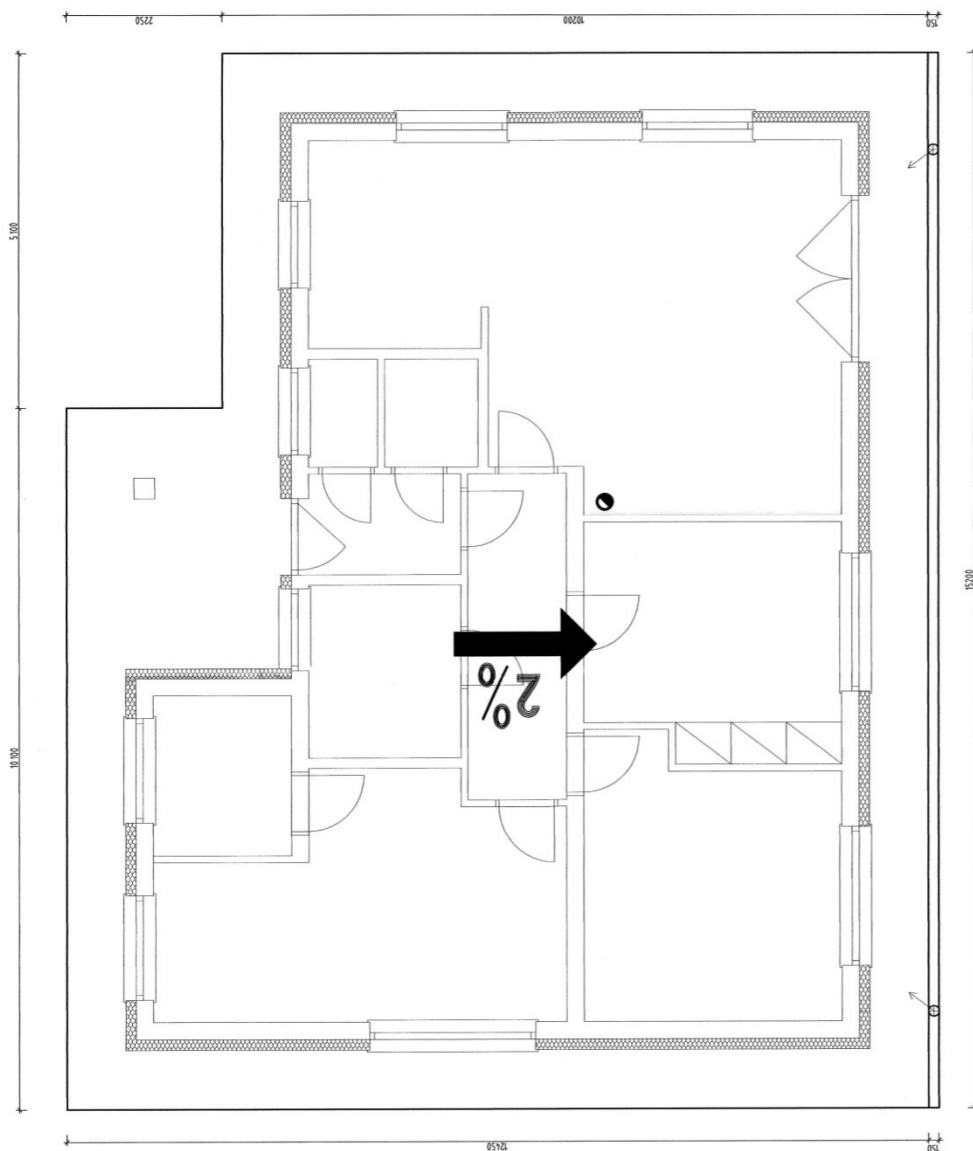
LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

ČÍSLO	NÁZEV	VÝMĚRA (m <sup>2</sup> )	PODLAHA	STĚNY	STROP
1.1.	ZÁDVEŘÍ	3,3	KER. DLÁŽBA	VOŠ	SUK
1.2.	WC	1,5	KER. DLÁŽBA	KER. OBLAD	SUK
1.3.	TECHNICKÁ MÍSTNOST	2,0	KER. DLÁŽBA	VOŠ	SUK
1.4.	KOUPELNA, WC	5,8	KER. DLÁŽBA	VOŠ	SUK
1.5.	CHODBA	7,1	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.6.	KUCHYŇ	7,8	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.7.	JÍDELNA	7,3	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.8.	OBÝVACÍ POKOJ	19,2	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.9.	POKOJ	10,3	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.10.	POKOJ	13,6	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.11.	POKOJ	18,5	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK
1.12.	ŠATNA	4,6	DLE INVESTORA	VOŠ	SUK

STUPEŇ PO	DDR		<b>AUTOR DILA</b> ING. JIŘÍ BUREŠ DATYŇSKÁ 729 / 3C HAVRŮV - BLUDOVICE 738 01 tel. 608 174 682
KRESLIL	ING. JIŘÍ BUREŠ		
VYPRACOVAL	ING. JIŘÍ BUREŠ		
INVESTOR	Rendita Jandšová Havrov-Dolní Datyně, Zemědělská 120/9		
NÁZEV AKCE	RODINNÝ DŮM	FORMÁT 1 x A2 PNE C	
VÝKRES:	k.ú. Senov u Ostrovy, p.č. 4220/1	DATUM 03/2012	
		MĚŘITKO 1 : 50	
		2012-03	
		ZAK. ČÍSLO	
		ČÍSLO VÝKRESU	
		<b>PŮDORYS 1. NP</b>	



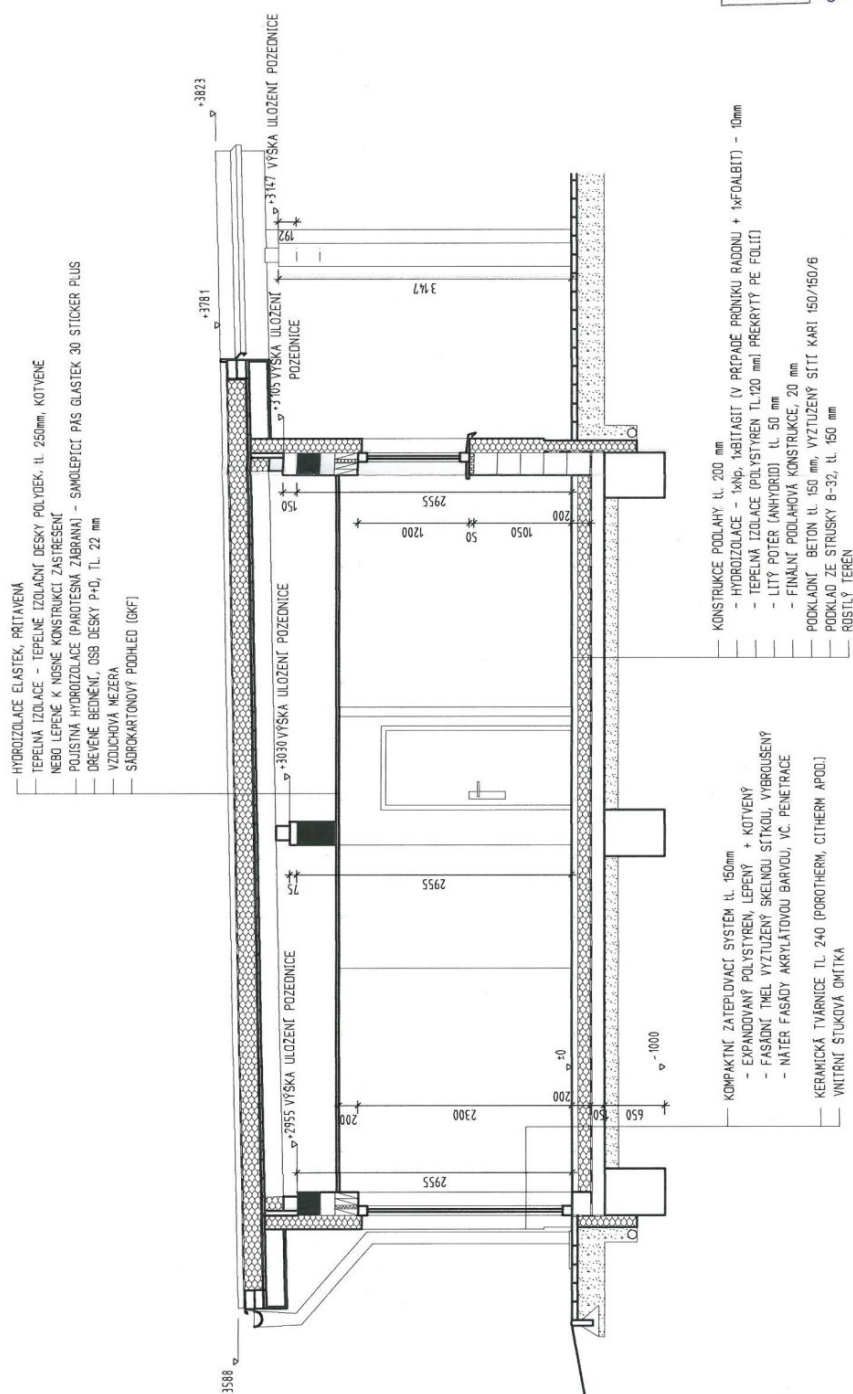
Příloha č. 2 Půdorys střechy



MĚSTSKÝ ÚŘAD Šenov  
odbor výstavby a žp  
okres Ostrava - město

2012-03-04  
2012-03-04

AUTOR DILA		ING. JIRÍ BUREŠ KRAJČANSKÁ 233 HAVÍŘOV – BLOKOVICE 738 01		tel. 608 174 882	
AUTOR DILA		FORMÁT		1 x A2	FASE 2
AUTOR DILA		DATUM		06/2012	2
AUTOR DILA		MĚRITVO		1 : 50	
AUTOR DILA		2012-03		5	
AUTOR DILA		ZNAČ. ČÍSLO		ČÍSLO VÝKRESU	

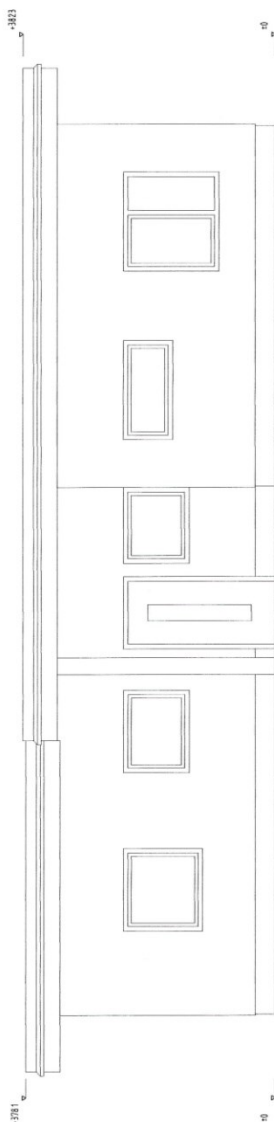


2017.04.24

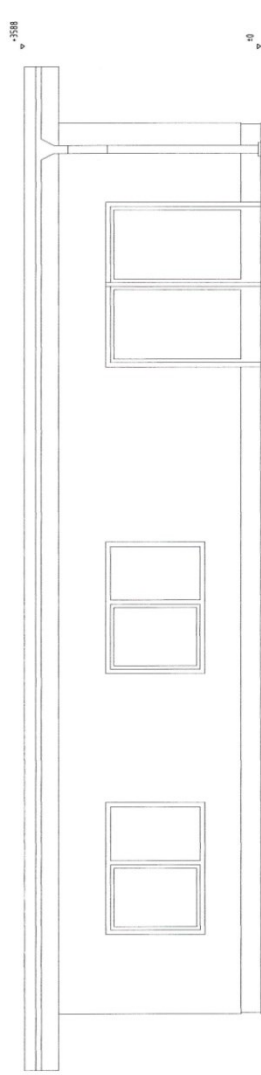
STUPEŇ PD	DSP		<b>AUTOR DÍLA</b> ING. JIŘÍ BUREŠ DATYŠKÁ 729 / 3C HAVÍŘOV – BLUDOVICE 736 01  tel. 608 474 682	
KRESLIL	ING. JIŘÍ BUREŠ			
VYPRACOVAL	ING. JIŘÍ BUREŠ			
INVESTOR	Renda Janášová Havířov-Dolní Datyně, Zemědělská 120/9			
NÁZEV AKCE:	<b>RODINNÝ DŮM</b> k.ú. Senov u Ostravy, p.č. 4220/1	FORMÁT DATUM MĚŘÍTKO	1 x A3 06./2012 1 : 50	PÁNE C. <b>2</b>
VÝKRES	<b>ŘEZ</b>		2012-03 ZÁK. ČÍSLO	<b>6</b> ČÍSLO VÝKRESU

# Příloha č. 4 Pohledy

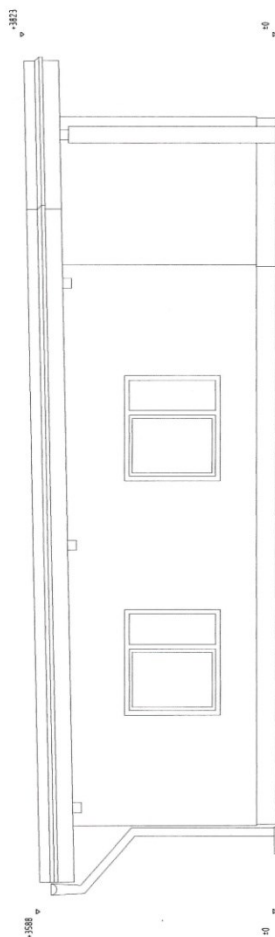
POHLED SEVERNÍ



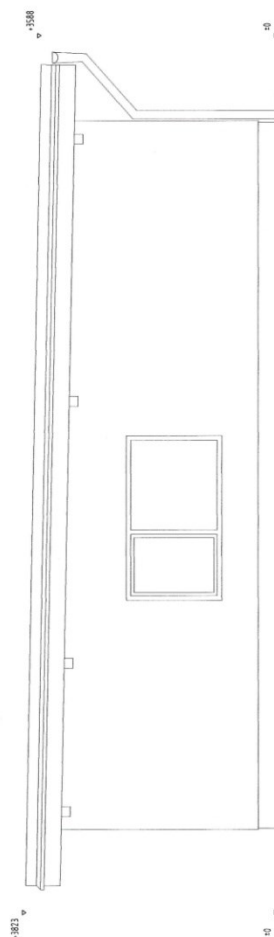
POHLED JIŽNÍ



POHLED VÝCHODNÍ



POHLED ZÁPADNÍ



MĚSTSKÝ ÚŘAD ŠENOV  
odbor výstavby a žp  
Okres Ostrov - město  
28.11.2012 08:47:20/12  
24.8.2012

STUPEŇ PD	DSP	AUTORIZACE PROJEKTU	AUTOR DÍLA
KRESLIL	ING. JIŘÍ BUREŠ	ING. JIŘÍ BUREŠ	ING. JIŘÍ BUREŠ
VYPRACOVAL	ING. JIŘÍ BUREŠ	ING. JIŘÍ BUREŠ	DATŮSKÁ 729 / 3C
INVESTOR	Rendita Jandávková	Rendita Jandávková	HAVŘOV - BLUDOVICE
NALEZY AKCE	Havřov-Dalín, Datyně, Zemědělská 120/9	RODINNÝ DŮM	736 01
VÝKRES	k.o. Šenov u Ostrovy, p.č. 4220/1	FORMÁT	1 x A2
		DATUM	06/2012
		VEŠETKO	1 : 50
		2012-03	7
		ZAK. ČÍSLO	ČÍSLO VÝKRESU